

MASTER'S THESIS

Het Modaliteitsprincipe bij Toetsen: Gesproken of Gedrukte Vraagstelling bij het Maken van een Digitale Toets?

Hendriks, Hermina

Award date:
2020

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

pure-support@ou.nl

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 04. May. 2023

Open Universiteit
www.ou.nl



Het Modaliteitsprincipe bij Toetsen: Gesproken of Gedrukte Vraagstelling bij het Maken van een
Digitale Toets?

The Modality Principle in Tests: Spoken or Printed Questions When Conducting a Digital Test?

H. R. Hendriks

Master Onderwijswetenschappen
Open Universiteit

Datum: 21-02-2020

Naam begeleiders: Dr. K. J. H. Dirkx en Professor Dr. H. Jarodzka

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Summary	5
1. Inleiding	6
2. Theoretisch kader	6
2.1 Cognitive Load Theory en Cognitive Theory of Multimedia Learning	7
2.2 Modaliteitsprincipe bij leren	8
2.3 Modaliteitsprincipe bij toetsen	10
2.4 Het meten van cognitieve belasting.....	11
2.5 Vraagstellingen en hypothesen.....	11
3. Methode.....	12
3.1 Context	12
3.2 Ontwerp.....	13
3.3 Participanten.....	13
3.4 Materialen	13
3.4.1 Toetsmateriaal Cito	14
3.4.2 Meten van de cognitieve belasting	15
3.5 Procedure.....	16
3.6 Data-analyse.....	17
4. Resultaten.....	17
4.1 Vooranalyse.....	18
4.2 Cognitieve belasting.....	18
4.3 Toetsresultaten	18
4.4 Posthoc-analyses	19
5. Conclusie en discussie.....	19
5.1 Conclusie.....	19
5.2 Discussie	20
5.3 Beperkingen en aanbevelingen.....	21
6. Referenties.....	22
Bijlagen	25
Bijlage I. Verdeling van toetsitems per leerdoel	25

Het modaliteitsprincipe bij toetsen: gesproken of gedrukte vraagstelling bij het
maken van een digitale toets?

H.R. Hendriks

Samenvatting

Digitalisering is niet meer weg te denken uit het onderwijs van de 21^{ste} eeuw. Het digitale toetsen is in opkomst in het onderwijs. Door het integreren van digitale toetsen kan het onderwijs versterkt worden. Door digitale toetsen wordt effectiever en efficiënter gewerkt. Ook maken digitale toetsen het mogelijk om media (bijvoorbeeld filmpjes en geluidsfragmenten) toe te voegen aan toetsen.

Mayer (2014) beschrijft in zijn boek verschillende principes over het ontwerpen van multimediaal leermateriaal. Een van die principes is het modaliteitsprincipe. Volgens dit principe wordt leren minder belastend en effectiever wanneer het zowel visuele (bijvoorbeeld afbeeldingen) als auditieve (gesproken) tekst in het leermateriaal wordt opgenomen. In de literatuur is veel geschreven over het effect van de toepassing van het modaliteitsprincipe op het leren, maar er is nog weinig onderzoek gedaan naar het effect bij toetsen. Omdat het doel van een toets anders is dan het doel van leren, is de vraag of het modaliteitsprincipe ook nuttig is bij toetsen. In dit onderzoek is onderzocht of het toepassen van het modaliteitsprincipe van Mayer (2014) op een rekentoets effect heeft op de ervaren cognitieve belasting en de toetsresultaten van leerlingen van groep 7 in het basisonderwijs.

Aan dit onderzoek hebben 48 leerlingen deel, onder wie 19 jongens en 29 meisjes, uit twee groepen 7 van één grote basisschool in het midden van Nederland. Deze leerlingen waren tussen de 9 en 11 jaar oud. Dit kwantitatieve onderzoek wordt gebruik gemaakt van een *within-subject* experimenteel onderzoek en hierbij werden 13 van de 26 authentieke rekenvragen van Cito aangepast aan het modaliteitsprincipe en voorgelegd aan de participanten. Tijdens dit onderzoek worden de cognitieve belasting en de toetsresultaten van leerlingen gemeten.

De cognitieve belasting wordt in dit onderzoek gemeten met de 9-punts beoordelingsschaal van Paas (1992). De leerlingen hebben na elke toetsitem beantwoord hoeveel moeite het kostte om het toetsitem te maken. De antwoordmogelijkheden varieerden van 1 (zeer, zeer laag) tot 9 (zeer, zeer hoge cognitieve belasting). Het toetsmateriaal dat bij dit onderzoek werd gebruikt, is een selectie uit het online platform Groeimeter van Cito (2019) van jaargroep 6. De gekozen items bevatten relevante afbeeldingen, wat inhoudt dat de vraag niet te beantwoorden is zonder de afbeelding. In dit onderzoek is geen effect gevonden van het modaliteitsprincipe op de cognitieve belasting. In de toetsresultaten wordt een trend gevonden in de tegengestelde richting dan verwacht. De aangepaste items zijn namelijk slechter gemaakt dan de originele items.

Op basis van huidig onderzoek lijkt het toepassen van het modaliteitsprincipe op digitale toetsen niet nuttig. In de discussie wordt ingegaan op de beperkingen en aanbevelingen van het uitgevoerde onderzoek.

Trefwoorden: *Cognitive Theory of Multimedia Learning*; modaliteitsprincipe; digitaal toetsen.

The modality principle in tests: spoken or printed questions when conducting a digital tests?

H.R. Hendriks

Summary

Digitization is an integral part in the education of the 21st century. Digital tests are becoming increasingly prevalent, and integrating digital tests is a method that can be used to reinforce education. Digital tests allow for more effectiveness and efficiency. Moreover, they offer the possibility of incorporating media (such as videos and audio fragments) in tests.

In his book, Mayer (2014) covers various principles for the design of multimedia learning materials. One of these is the modality principle. According to this principle, learning becomes less strenuous and more effective if both visual (images) and auditive (spoken) text is incorporated into the learning material. While the modality principle with regard to learning has frequently been addressed in the literature, little research has been performed into its effect in tests. Since tests have a different objective from learning, the question remains whether the modality principle is useful in tests. This study investigates whether applying the modality principle of Mayer (2014) to an arithmetic test affects the experienced cognitive load and the test results of students in group 7 of primary school.

48 students, 19 of which were boys and 29 were girls, from two groups 7 of a single large primary school in the central Netherlands took part in this study. These students were all aged between 9 and 11. This quantitative research made use of a within-subject experimental study, in which 13 of the 26 authentic arithmetic questions by Cito were adapted to the modality principle and presented to the participants. During this study, the cognitive load and the test results of the students were measured.

The cognitive load was measured using the 9-point rating scale of Paas (1992). After each test item, the students indicated the amount of effort it took them to answer that test item. The options varied from 1 (very, very low) to 9 (very, very high cognitive load). The test materials used in this study comprise a selection from the online Groeimeter platform for year 6 by Cito (2019). The selected items contain relevant images, which means that the questions cannot be answered without the image.

This study did not observe any effect of the modality principle on the cognitive load. The test results showed a trend that contradicted the initial expectations. Students performed worse on the adjusted items than the original items.

Based on this current study, applying the modality principle to digital tests does not appear useful. The discussion covers the limitations and recommendations of the research performed.

Keywords: Cognitive Theory of Multimedia Learning; modality principle; digital tests.

1. Inleiding

Steeds meer toetsen worden digitaal afgenomen. Dit maakt het mogelijk om multimediamateriaal (bijvoorbeeld video's en geluidsfragmenten) te gebruiken in toetsen. Er is nog weinig bekend over het effect van digitale toetsen. Wel is veel onderzoek gedaan naar multimediamateriaal in leermateriaal. Uit eerder onderzoek met leermateriaal is gebleken dat multimedia kan worden ingezet om het leren te bevorderen (Mayer, 2014). Het effectief gebruiken van multimediamateriaal bij leren leidt tot een effectievere, efficiëntere en plezierigere leerervaring (De Boer, 2008). Het is echter cruciaal dat de multimediale informatie op een efficiënte manier gepresenteerd wordt en dat onnodige cognitieve processen worden vermeden, zoals het onnodig zoeken naar relevante informatie dat een leerling kan overbelasten (Mayer, 2014). Het ontwerpen van multimediaal materiaal is vooral effectief als het wordt gebaseerd op de *Cognitive Load Theory* (CLT; Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998) en de *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML; Mayer, 2014) en de ontwerpprincipes die op deze theorie gebaseerd zijn. De doelen van de ontwerpprincipes van Mayer (2014) zijn het bevorderen van het leren van een leerling en het voorkomen van overbelasting.

Eén van de ontwerpprincipes is het modaliteitsprincipe van Mayer (2014). Het uitgangspunt van dit principe is dat men beter leert met auditieve tekst en een relevante afbeelding dan een gedrukte tekst met een relevante afbeelding. Hoewel het effect van de toepassingen van het modaliteitsprincipe van Mayer (2014) bij het ontwerpen van leermateriaal veelvuldig is onderzocht, is nog weinig bekend over het effect hiervan op digitale toetsen. Het doel van een toets is anders dan het doel van leren. Waarbij leren het opnemen van kennis centraal staat, wordt bij toetsen getest of het geleerde teruggehaald kan worden uit het geheugen (*recall*). Het doel van een toets is het ophalen van kennis die is opgeslagen in het langetermijngeheugen (Kirschner, Park, Malone, & Jarodzka, 2016). Het is daarbij cruciaal dat de vraag volledig begrepen wordt. Onderzoekers benadrukken daarom dat de digitale toetsomgevingen zo moet ontworpen worden dat studenten zich kunnen concentreren op de inhoud en niet worden gehinderd door moeilijkheden met betrekking tot het ontwerp van de vragen (Jarodzka, Janssen, Kirschner, & Erkens, 2015). In dit onderzoek is de vraag of de toepassing van het modaliteitsprincipe bij het ontwerpen van digitale toetsen effect heeft op de cognitieve belasting en de toetsresultaten. Doel van dit onderzoek is om inzichten te verschaffen of het toepassen van het modaliteitsprincipe op digitale toetsen voor een lagere cognitieve belasting en hogere toetsresultaten zorgt.

2. Theoretisch kader

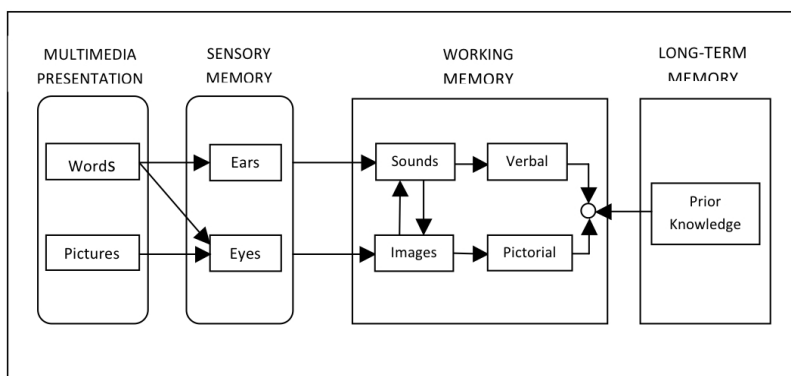
Door de huidige tijdsgeest en de toename van technologische mogelijkheden, neemt ook het gebruik van multimediale elementen in leer- en toetsmaterialen toe. Het toevoegen van multimedia aan online

leer- en toetsomgevingen is gebruikelijk in het huidige onderwijs en kan bijdragen aan het voorkomen van overbelasting van het geheugen. Een verkeerd ontwerp kan echter voor overbelasting zorgen. Het ontwerpen van multimediaal materiaal is vooral effectief als op de juiste manier gebruik wordt gemaakt van de daaraan ten grondslag liggende theorieën, te weten de *Cognitive Load Theory* (CLT; Sweller et al., 1998) en de *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML; Mayer, 2014) met de daaruit voortvloeiende principes (Mayer, 2014). Een van die principes is het modaliteitsprincipe (Clark & Mayer, 2008; Mayer, 2014) waarbij informatie via verschillende modaliteiten (geluid en beeld) gepresenteerd wordt. Hierdoor kan meer informatie verwerkt worden, want elke modaliteit heeft in het werkgeheugen haar eigen informatieverwerkingskanaal, met een bepaalde capaciteit.

Er is veel onderzoek gedaan naar het modaliteitsprincipe bij leren, maar de vraag die in dit onderzoek centraal staat, is of het modaliteitsprincipe ook toepasbaar is op digitaal toetsen. In de volgende alinea worden de CLT en de CTML nader beschreven en wordt het modaliteitsprincipe toegelicht.

2.1 Cognitive Load Theory en Cognitive Theory of Multimedia Learning

De vraag van dit onderzoek is of het modaliteitsprincipe dat het leren van studenten bevordert, vertaald kan worden naar het digitale toetsen. De richtlijnen van multimediaal instructieontwerp, waar het modaliteitsprincipe onder valt, vloeien voort uit twee theorieën, te weten de CLT en CTML. De theorieën vullen elkaar aan en komen tot vergelijkbare conclusies en ontwerpprincipes. Aan de basis van beide theorieën ligt het informatieverwerkingsmodel, zoals weergegeven in Figuur 1 (Mayer, 2014).



Figuur 1. Verwerking van de informatie volgens de Cognitive Theory of Multimedia Learning.

Overgenomen van “Cognitive Theory of Multimedia Learning” van R. E. Mayer, 2014, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd ed.), p.52. Copyright 2005, 2014 by Cambridge University Press.

Het eerste principe dat ten grondslag ligt aan CTML is de zogeheten *dual-channel assumption* (Mayer, 2014). Volgens het cognitieve informatieverwerkingsmodel dat Mayer (2014) beschrijft, bestaat het menselijke informatieverwerkingssysteem uit twee afzonderlijke kanalen, namelijk een auditief kanaal voor de verwerking van auditieve representaties en een visueel kanaal voor de verwerking van visuele representaties. Het tweede principe houdt in dat de capaciteit van elk kanaal beperkt is. Hierdoor kan gelijktijdig een beperkte hoeveelheid informatie verwerkt worden in elk van de kanalen (Mayer & Moreno, 2003; Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 2019). Door gebruik te maken van beide kanalen, kan dus meer informatie tegelijk verwerkt worden. Leren wordt dus effectiever als leerlingen in staat zijn om de visuele en verbale representaties te integreren. Leren gebeurt wanneer de leerling betekenisvolle relaties legt tussen visuele en verbale representaties, waardoor een dieper begrip ontstaat dan bij woorden of afbeeldingen alleen (Mayer, 2014). Het laatste principe is dat informatie actief en betekenisvol verwerkt moet worden om leren mogelijk te maken. Drie processen zijn hierbij van essentieel belang: selecteren, organiseren en integreren. Het is belangrijk om relevant materiaal te selecteren in de gepresenteerde les, zodat het goed kan worden opgenomen in het werkgeheugen en om de geselecteerde informatie in een logische en samenhangende structuur in het werkgeheugen te organiseren. Tot slot moet integratie plaatsvinden van de cognitieve structuren en de geactiveerde voorkennis uit het langetermijngeheugen.

Volgens de CLT van Sweller et al. (1998) resulteert het verwerken van binnenkomende informatie in een bepaalde mate van cognitieve belasting. Deze verwerking wordt bepaald door drie componenten: de intrinsieke cognitieve belasting, de externe cognitieve belasting en de nuttige cognitieve belasting. De intrinsieke cognitieve belasting hangt af van het aantal elementen en de verbindingen daartussen die tegelijkertijd in het werkgeheugen moeten worden verwerkt om de gepresenteerde lesstof te leren. Hoe groter het aantal elementen, hoe hoger de belasting (Kirschner et al., 2016). Volgens de CLT kan de intrinsieke cognitieve belasting niet verminderd worden, omdat dit afhankelijk is van de lesstof, maar kan de belasting van het werkgeheugen wel verminderd worden door de externe cognitieve belasting te verlagen (Kirschner, 2002). Deze externe cognitieve belasting wordt veroorzaakt door de cognitieve capaciteit die nodig is om het leermateriaal te kunnen gebruiken. Deze belasting hindert het leren. Hoe optimaler het leermateriaal wordt gepresenteerd, hoe lager de externe cognitieve belasting (Leahy & Sweller, 2011). Ten slotte wordt de nuttige cognitieve belasting bepaald door de capaciteit van het geheugen die wordt gebruikt om cognitieve schema's te maken, het automatiseren daarvan in het werkgeheugen en de opslag daarvan in het langetermijngeheugen.

2.2 Modaliteitsprincipe bij leren

Het modaliteitsprincipe houdt in dat, wanneer het leermateriaal zowel via het auditieve als via het visuele kanaal gepresenteerd wordt, overbelasting van het geheugen wordt voorkomen, tegengegaan

en gereduceerd (Clark & Mayer, 2008; Mayer, 2014; Sweller et al., 2019). Dit kan het leren van een leerling aanzienlijk beïnvloeden. In een aantal onderzoeken is het modaliteitsprincipe onderzocht.

Herrlinger, Höffler, Opfermann, en Leutner (2016) hebben aangetoond dat het begrijpen van afbeeldingen in multimediaal leren wordt verbeterd door afbeeldingen te presenteren in combinatie met auditieve tekst in plaats van gedrukte tekst. Hierdoor kan de beschikbare cognitieve capaciteit van de leerlingen optimaal benut worden. Herrlinger et al. (2016) hebben geconcludeerd dat gedrukte tekst en afbeeldingen niet samen moeten gaan, omdat dan geen effectief leren plaatsvindt. Harskamp, Mayer, en Suhre (2007) hebben met onderzoek naar een biologies bevestigd dat het modaliteitsprincipe van toepassing is op het multimediale leren. In hun experiment presteerden Nederlandse studenten, die lessen hadden ontvangen waarbij illustraties en een gesproken tekst werden aangeboden, beter op volgende testen dan de studenten die les kregen met een illustratie en tekst op het scherm. Het onderzoek van De Kock (2016) heeft ook het effect van het modaliteitsprincipe bevestigd. In deze studie hadden de studenten die zowel auditieve als visuele informatie ontvingen minder moeite met het vinden van oplossingen dan studenten die alleen visuele informatie kregen. In het onderzoek van Mayer, Gaygle, Dow, en Mayer (2003) werd aangetoond dat universitaire studenten, bij een les over elektromotoren, beter presteerden wanneer een tekening werd gepresenteerd in combinatie met gesproken tekst dan met een gedrukte tekst. Het onderzoek van Moreno, Mayer, Spires, en Lester (2001) heeft ook uitgewezen dat studenten, die leerden over hoe planten overleven, beter presteerden wanneer zij gesproken tekst ontvingen in combinatie met een afbeelding in plaats van alleen een gedrukte tekst op het scherm met een afbeelding.

Bij leerlingen met dyslexie, waar in de praktijk vaak gekozen wordt voor het voorlezen van teksten, is echter door Wang et al. (2018) geen positief effect gevonden van het toepassen van het modaliteitsprincipe. Leerlingen met dyslexie presteerden in zijn onderzoek beter wanneer de tekst te lezen was op het scherm dan wanneer deze te horen was. Dit resultaat is verrassend omdat verwacht mag worden dat een auditieve tekst beter aansluit bij leerlingen met dyslexie dan een gedrukte tekst. In het onderzoek van Wang et al. (2018) worden twee verklaringen gegeven voor dit effect. Ten eerste is het mogelijk dat de studenten al leerstrategieën hadden ontwikkeld om een gedrukte tekst te leren (Cavalli, Duncan, Elbro, El Ahmadi, & Cole, 2017) en ten tweede kan de tijdelijkheid van een auditieve tekst de oorzaak zijn (Leahy & Sweller, 2011). Schriftelijke informatie staat op papier en verdwijnt niet, dus kan die altijd teruggelezen worden. Auditieve informatie kan alleen opnieuw gehoord worden wanneer de audio opnieuw wordt afgespeeld (Leahy & Sweller, 2011).

Voorkennis is essentieel, met name bij multimedia leren waarbij woorden en afbeeldingen moeten worden geselecteerd en georganiseerd in samenhangende representaties (Mayer, 2014). Voorkennis bepaalt in grote mate welke informatie een leerling zelf systematisch en actief kan verwerken (Valcke, 2010). Het modaliteitseffect is ook afhankelijk van deze voorkennis. Uit onderzoek van Kalyuga,

Ayres, Chandler, en Sweller (2003) naar instructies voor het gebruik van industriële productiemachines, is gebleken dat lerenden met meer voorkennis meer baat hebben bij informatie die alleen visueel is gepresenteerd en dat auditieve informatie voor hen zelfs remmend werkt, terwijl beginnende lerenden wel baat hebben bij zowel visuele als auditieve presentatie.

Verschillende studies hebben dus laten zien dat het vervangen van geschreven tekst door gesproken tekst kan bijdragen aan het leren (al is dit niet bij alle lerenden het geval). Belangrijk hierbij is dat afbeeldingen gecombineerd moet worden met een auditieve tekst, anders is er geen sprake van een modaliteitseffect.

2.3 Modaliteitsprincipe bij toetsen

Het toepassen van het modaliteitsprincipe in leermateriaal is veelvuldig onderzocht, maar er is aanzienlijk minder aandacht voor het toepassen ervan bij toetsen. Het doel van toetsen is anders dan het doel van leren. Het doel van leren is kennis opdoen, onderhouden en gebruiken, terwijl dat van toetsen het evalueren of beoordelen is van de mate waarin een leerling kennis en vaardigheden heeft opgedaan en deze kan gebruiken en onderhouden (Beddow, 2018).

Tot op heden is weinig onderzoek gedaan naar het modaliteitseffect bij toetsen bij reguliere leerlingen. Een onderzoek dat gedaan is naar het modaliteitsprincipe heeft zich gericht op leerlingen met leesproblemen, waarbij de conditie *read-aloud* is vergeleken met een standaard toetsafname waarbij de vraag schriftelijk gepresenteerd werd (Laitusis, 2010). De conditie *read-aloud* houdt in dat een leraar de tekst voorleest. Zo heeft Laitusis (2010) de impact van deze conditie op gestandaardiseerde toetsscores van begripvend lezen bij groep 4 en 8 onderzocht. Hij vond grote effecten. De resultaten van het onderzoek van Laitusis (2010) laten zien dat leerlingen met leesproblemen, die de tekst hardop voorgelezen kregen, beter presenteerden dan leerlingen die de tekst niet voorgelezen kregen.

Uit eerdere onderzoeken door Lindner, Eitel, Strobel, en Köller, (2017a) en Lindner, Lüdtkke, Grund, en Köller (2017b) is gebleken dat toetsen met zowel tekst als afbeeldingen tot betere toetsresultaten leiden dan toetsen met alleen tekst (multimedia principe). Ook in het onderzoek van Manastirean-Zijlstra (2017) zijn meerdere principes van Mayer (2014) onderzocht. In dit onderzoek heeft zij de toepassing van de instructieprincipes uit de CTML bij het ontwerpen van computer gebaseerde toetsing onderzocht. Haar conclusie was dat het zinvol is om bij het ontwerp van de toets de richtlijnen van de CTML toe te passen. Baddeley (1992) en Miller (1956) hebben ook geconcludeerd dat de principes van Mayer (2014) niet alleen gelden voor leren, maar ook voor taakprestaties, zoals toetsen. Echter, uit onderzoek van Jarodzka et al. (2015) naar het *splitattention effect* bij toetsen, is gebleken dat het toepassen van dit principe bij toetsen een nadelig effect heeft op de resultaten.

Aangezien zeer beperkt onderzoek is gedaan naar het modaliteitsprincipe bij toetsen bij reguliere leerlingen, is meer onderzoek hiernaar wenselijk. Het effect is niet bekend of het gebruikmaken van de twee kanalen (auditief en visueel) ook bij toetsen van reguliere leerlingen zorgt voor een lagere cognitieve belasting en betere resultaten. Op basis van de CTML en CLT, zou dit wel verwacht mogen worden. Volgens het modaliteitprincipe zouden immers beide kanalen worden geactiveerd, waardoor meer informatie verwerkt kan worden. Dit is ook belangrijk bij toetsen. Echter, aangezien bij toetsen de leerlingen meer voorkennis hebben, zou er een *expertise revealsal effect* van het modaliteitsprincipe kunnen optreden (Kalyuga et al., 2003).

2.4 Het meten van cognitieve belasting

Wanneer multimediamaatiraal goed gebruikt wordt volgens de principes van Mayer (2014), vindt er minder cognitieve belasting plaats. In het huidige onderzoek worden de cognitieve belasting en het toetsresultaat gemeten.

Er zijn meerdere meetinstrumenten ontwikkeld om de cognitieve belasting te meten, maar deze meten vaak de cognitieve belasting aan het eind van een serie vragen. Leerlingen moeten dan terugkijken en leertaken beoordelen die inmiddels in het lange termijn geheugen opgeslagen zijn (Van Gog, Kirschner, Kester, & Paas, 2012). Door direct na een toetsitem de leerling te laten reflecteren op de geleverde belasting, is het item nog actief in het werkgeheugen en kan de leerling adequater oordelen over de ervaren cognitieve belasting (Van Gog et al., 2012). In het huidige onderzoek moet inzicht verkregen worden in de verschillen in geleverde cognitieve belasting per toetsitem, zodat het effect van modaliteit vastgesteld kan worden. Na elke toetsitem is gevraagd hoe de leerlingen de cognitieve belasting hadden ervaren. Een instrument dat vaak voor dit soort doeleinden gebruikt wordt, is de 9-punts beoordelingsschaal van Paas (1992). Het instrument is gebruiksvriendelijk en tijdsefficiënt (Sweller, 2018). De leerlingen reflecteerden op de geleverde inspanning die nodig was voor het uitvoeren van de taak (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003). Uit eerder onderzoek is gebleken dat de 9-punts schaal voor mentale belasting van Paas gevoelig genoeg is om ook kleine variaties in complexiteit te detecteren (Paas, Van Merriënboer, & Adam, 1994).

2.5 Vraagstellingen en hypothesen

Onderzoekers benadrukken dat het essentieel is om een digitale toetsomgeving zo te ontwerpen dat deze aansluit bij het menselijke informatiesysteem (Beddow, 2018; Kirschner, 2016). Hierdoor hoeven leerlingen zich alleen te concentreren op de toets en worden ze niet gehinderd door moeilijkheden in de vraagstelling. Dit maakt de toets meer valide (Jarodzka et al., 2015). De toepassing van het modaliteitsprincipe kan effect op hebben, zodat de cognitieve capaciteit optimaal benut kan worden (Mayer, 2014; Sweller, 2018), wat een positief effect heeft op de toetsresultaten.

In wetenschappelijk onderzoek is tot op heden weinig aandacht geweest voor de toepassing van het modaliteitseffect bij digitaal toetsen. De concrete onderzoeksvraag die hier uit voortvloeit is:

“Wat is het effect van het toepassen van het modaliteitsprincipe op de cognitieve belasting en de toetsresultaten bij een digitale rekentoets in het basisonderwijs?”

Uit de onderzoeken naar het modaliteitseffect bij leren is gebleken dat dit een positief effect heeft op de geleverde cognitieve belasting en de resultaten (Herrlinger et al., 2016; Harskamp et al., 2007; De Kock, 2016; Mayer et al., 2003; Moreno et al., 2001). Ook uit het onderzoek van Laitusis (2010) is gebleken dat leerlingen met leesproblemen bij toetsen profiteren van het modaliteitseffect, terwijl dit effect bij leerlingen met meer voorkennis nog niet aangetoond is, aangezien bij deze leerlingen een *expertise reversal effect* kan ontstaan (Kalyuga et al., 2003). Omdat er meer en overtuigender onderzoek is gedaan naar het modaliteitseffect voor leren dan voor toetsen en omdat de onderzoeken naar toetsen niet generaliseerbaar zijn naar reguliere leerlingen, zijn de volgende hypothesen geformuleerd:

H₁: Er is een verschil tussen de cognitieve belasting bij toetsitems waarbij de vraag wordt voorgelezen aan de leerling en toetsitems waarbij de leerling de vraag zelf moet lezen. De toetsitems waarbij de leerlingen de vragen voorgelezen krijgen, zorgen voor een lagere cognitieve belasting dan de toetsitems waarbij de leerlingen de vragen zelf moeten lezen.

H₂: Er is een verschil tussen de toetsresultaten bij toetsitems waarbij de vraag wordt voorgelezen aan de leerling en toetsitems waarbij de leerling de vraag zelf moet lezen. De toetsitems waarbij de leerlingen de vragen voorgelezen krijgen, leiden tot betere toetsresultaten dan de toetsitems waarbij de leerlingen de vragen zelf moeten lezen.

3. Methode

3.1 Context

Dit onderzoek sluit aan bij een thesiskring van de faculteit onderwijswetenschappen, met als thema *Instructional design for online learning*. Het ontwikkelen van richtlijnen voor digitale toetsen is het doel van deze onderzoekslijn. Binnen deze thesiskring wordt onderzocht of de principes van de CTML (Mayer, 2014) ook van toepassing zijn op het digitaal toetsen. Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd die uitgingen van de principes van Mayer (2014). Er loopt op dit moment een aantal onderzoeken waarin de verschillende principes worden onderzocht, waaronder ook het modaliteitsprincipe, dat hier wordt onderzocht. Het huidige onderzoek is voorbereid in samenwerking met een andere onderzoeker. In dat onderzoek wordt het coherentieprincipe onderzocht. De data

werden echter afzonderlijk verzameld. Andere studenten zijn overige CTML principes (Mayer, 2014) aan het onderzoeken of hebben deze reeds onderzocht (Manastirean-Zijlstra, 2017).

3.2 Ontwerp

In dit experimentele onderzoek werd gebruik gemaakt van *within-subject design* (Creswell, 2014). Daarom werden de leerlingen niet over de verschillende condities verdeeld. *Counterbalancing* voorkwam het volgorde-effect en de condities waren evenredig verdeeld over de toetsitems. De onafhankelijke variabele is het ontwerp van de toetsitems (afbeelding met gedrukte tekst versus een afbeelding met auditieve tekst). De afhankelijke variabelen die onderzocht werden, zijn de cognitieve belasting en het toetsresultaat.

3.3 Participanten

De deelnemers aan dit onderzoek waren 48 leerlingen uit groep 7 van een basisschool in het midden van Nederland. Er zijn in totaal 51 leerlingen benaderd, drie leerlingen waren op de dag van afname ziek. Van de 48 respondenten waren 19 jongens en 29 meisjes. De leeftijd van deze leerlingen varieerde van 9 tot en met 11 jaar ($M = 10.00$; $SD = .36$). De directeur van deze basisschool is een contact uit het netwerk van de onderzoeker en daarom is deze steekproef niet random. Op basis van een powerberekening, die voorafgaand aan dit onderzoek gemaakt is, werd gestreefd naar een minimum aantal van 44 leerlingen. Bij deze powerberekening is uit gegaan van $\alpha = .05$ en van een effectgrootte van $r = .56$ (Manastirean-Zijlstra, 2017). De leerlingen die deelnamen aan het onderzoek werden a-select verdeeld over de twee toetsversies, zie Tabel 1.

Tabel 1

Aantal Participanten en Gemiddelde Leeftijd per Toetsversie

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Totaal	48	10.00	.36
Toetsversie 1	24	10.04	.36
Toetsversie 2	24	9.96	.36

3.4 Materialen

Bij dit onderzoek zijn *Chromebooks* en oordopjes van de school, de rekenopgaven uit de Groeimeter van Cito (2019) van jaargroep 6 en de toetsresultaten en de 9-punts beoordelingsschaal van Paas (1992) gebruikt. De Groeimeter van Cito (2019) en de 9 -punts beoordelingsschaal van Paas (1992) zijn gevalideerde meetinstrumenten.

3.4.1 Toetsmateriaal Cito

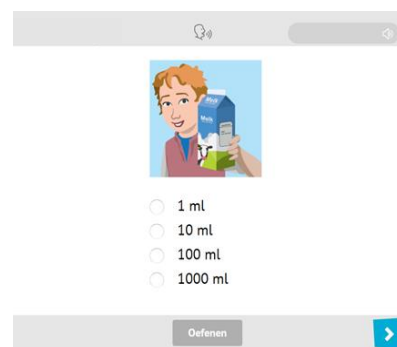
Het toetsmateriaal dat bij dit onderzoek gebruikt werd, is een selectie uit het online platform Groeimeter van Cito (2019) van jaargroep 6. De Cito-toetsen zijn Cotaan (Commissie Testaangelegenheden Nederland) gecertificeerd, wat betekent dat de potentiële gebruiker op basis van deze certificatie kan beslissen of een toets geschikt is voor het doel waarvoor deze toets ingezet gaat worden (Sanders et al., 2017). Er is gebruikgemaakt van de Cito van jaargroep 6 bij participanten die in groep 7 zitten, omdat dit onderzoek is afgenomen na negen weken onderwijs in het nieuwe schooljaar. De leerlingen uit groep 7 hadden dus onvoldoende instructie gehad over de lesstof van groep 6 om de Cito van groep 6 af te kunnen nemen. De Groeimeter (Cito, 2019) is een digitale (formatieve) rekentoets, die de groei en ontwikkeling van een leerling zichtbaar maakt. De Groeimeter (Cito, 2019) bevat meer dan 6000 vragen, waarvan er 500 geschikt zijn voor groep 6. Van deze 500 vragen hebben drie betrokken onderzoekers, in drie rondes, 26 toetsitems geselecteerd, op basis van de volgende criteria:

1. De items bevatten een relevante afbeelding die nodig is om de vraag te kunnen beantwoorden.
2. Er is ten minste 1 spiegelitem dat hetzelfde leerdoel meet met een vergelijkbare vraagstelling.
3. De items hadden voldoende *face-validity*.
4. Twee experts hebben de items beoordeeld als voldoende discriminerend.

Van de 26 opgaven, waren 13 vragen gelijk aan vragen die nu door Cito worden afgenomen in de Groeimeter (Cito, 2019). De andere helft van de vragen (uit dezelfde standaard rekentoets) werden aangepast volgens het modaliteitsprincipe (zie Figuur 1a en 1b), door de vraag aan te bieden in de vorm van een audiofragment dat herhaaldelijk kon worden afgespeeld in plaats van tekst. De vraag die voor de aangepaste versie is ingesproken, is ingesproken door een persoon en geen computergegenerateerde stem. Hierdoor was de stem het meest natuurgetrouw voor de leerlingen. De vraag kon onbeperkt teruggeluisterd worden door het klikken op het geluidsicoon dat te zien is in Figuur 2b (Cito, 2019).



Figuur 2a. Toetsopgave met een relevante afbeelding en **gedrukte** vraagstelling uit de Groeimeter. Copyright 2019 by Cito.



Figuur 2b. Toetsopgave met een relevante afbeelding en **auditieve** vraagstelling uit de Groeimeter. Copyright 2019 by Cito.

Waar de opgaves in toetsversie 1 waren aangepast, waren ze in toetsversie 2 onaangepast en andersom. Bijvoorbeeld opgave 1 was aangepast in toetsversie 1, terwijl deze onaangepast was in toetsversie 2. Tabel 2 geeft de verdeling van de aangepaste en onaangepaste toetsitems over de twee toetsversies weer.

Tabel 2

Verdeling van de Onaangepaste en Aangepaste Toetsitems over de Twee Toetsversies

	Toetsitems onaangepast	Toetsitems aangepast
Toetsversie 1	O ₂ ; O ₄ ; O ₆ ; O ₈ ; O ₁₀ ; O ₁₂ ; O ₁₃ ; O ₁₅ ; O ₁₇ ; O ₁₉ ; O ₂₁ ; O ₂₃ ; O ₂₆	A ₁ ; A ₃ ; A ₅ ; A ₇ ; A ₉ ; A ₁₁ ; A ₁₄ ; A ₁₆ ; A ₁₈ ; A ₂₀ ; A ₂₂ ; A ₂₄ ; A ₂₅
Toetsversie 2	O ₁ ; O ₃ ; O ₅ ; O ₇ ; O ₉ ; O ₁₁ ; O ₁₄ ; O ₁₆ ; O ₁₈ ; O ₂₀ ; O ₂₂ ; O ₂₄ ; O ₂₅	A ₂ ; A ₄ ; A ₆ ; A ₈ ; A ₁₀ ; A ₁₂ ; A ₁₃ ; A ₁₅ ; A ₁₇ ; A ₁₉ ; A ₂₁ ; A ₂₃ ; A ₂₆

O = onaangepast toetsitem A = aangepaste toetsitem

In Bijlage 1 is de verdeling te vinden van de onaangepaste en aangepaste toetsitems en daarbij behorende leerdoelen over de twee toetsversies.

3.4.2 Meten van de cognitieve belasting

De cognitieve belasting is in dit onderzoek gemeten met de volgende vraag: “Geef aan door het blauwe schuifje te verschuiven hoeveel moeite kostte het om de toetsitem te beantwoorden.” Er kon een cijfer gekozen worden van 1 tot en met 9 van de 9-punts beoordelingsschaal van Paas (1992), waarbij 1 ‘zeer, zeer laag’ en 9 ‘zeer, zeer hoog’ in cognitieve belasting betekende. Om de bruikbaarheid voor leerlingen in het basisonderwijs te vergroten is gekozen om de schaaluiteinden aan te geven met *emoticons* (zie Figuur 3) (Gordon, Tindall-Ford, Agostinho, & Paas, 2016).



Figuur 3. Beoordelingsschaal cognitieve belasting gebruikt in huidig onderzoek. Aangepast van “Learning from Instructor-managed and Self-managed Split-attention Materials” van Gordon, C., Tindall-Ford, S., Agostinho, S., & Paas, F., 2016, *Applied Cognitive Psychology*, 30(1), p. 5. Copyright 2015 by John Wiley & Sons, Ltd.

3.5 Procedure

Dit onderzoek is ethisch getoetst en is onderdeel van een onderzoekslijn van de Open Universiteit die al was goedgekeurd op 10 mei 2019. Voor dit onderzoek was één grote basisschool in midden Nederland benaderd. Aan de directeur van deze school was gevraagd om ouders/verzorgers van de twee groepen 7 te benaderen. Aan de directeur en de groepsleerkrachten van groep 7 was het doel en de opzet van het onderzoek uitgelegd. Na toestemming van de directeur en de groepsleerkrachten, heeft de directeur de ouders/verzorgers van deze leerlingen benaderd. De gegevens werden volstrekt anoniem verzameld, via een *passive consent*, door een brief aan de ouders te versturen, om de ouders op de hoogte te brengen van het doel en de opzet van dit onderzoek en het onderzoek nader toe te lichten. Ook werden de duur van het onderzoek en de onderzoeksprocedure beschreven. Alle leerlingen deden mee aan het onderzoek, tenzij ouders aangaven dit niet te willen. Er werd één toetsmoment gereserveerd in week 45. Voorafgaand aan dit toetsmoment heeft de onderzoeker contact gehad met de leerkracht die ging over de informatie- en communicatietechnologie (ICT) om af te stemmen of het gebruik van de *Chromebooks* en oordopjes van de school mogelijk was. De onderzoeker had op de dag zelf extra oordopjes bij zich voor het geval oordopjes niet werkten.

De leerlingen die deelnamen aan de toets bleven in hun eigen lokaal. Alle leerlingen, op drie zieke leerlingen na, namen deel aan het onderzoek. De leerlingen gebruikten een *Chromebook* van de school, waarop werd ingelogd in de online toetsomgeving van Cito, waar de leerlingen de rekentoets konden maken. Bij het maken van deze rekentoets, gebruikten alle leerlingen hun oordopjes. Tijdens het maken van de rekentoets mochten de leerlingen gebruik maken van kladpapier.

De rekentoets werd in één dagdeel afgenomen in het eigen klaslokaal. De tafels in het lokaal stonden klassikaal frontaal, met tussen alle tafels genoeg ruimte, zodat de leerlingen niet bij elkaar konden kijken. De groepsleerkracht en de onderzoeker waren bij dit onderzoek aanwezig. De leerlingen kregen voorafgaand aan de rekentoets een instructie over de bedoeling van de rekentoets en de online omgeving. Deze instructie werd voorgedaan op het digibord in het klaslokaal. Daarbij kregen de leerlingen twee voorbeeldopgaven, zodat ze wisten wat ze konden verwachten tijdens de rekentoets. Daarna werden alle oordopjes getest en werd uitgelegd op welke manier de leerlingen het geluid nogmaals konden afspelen en harder of zachter konden zetten.

De leerlingen konden pas naar de volgende vraag wanneer zij een antwoord hadden ingevuld en konden niet terug naar een vorige vraag. De leerlingen werd niet verteld welke aanpassingen gedaan waren aan de onaangepaste toetsvragen. De scores die door de leerlingen behaalden, werden niet meegenomen in de reguliere beoordeling en de toets werd alleen gebruikt als een oefenmoment voor de leerlingen.

De leerlingen hadden een opdracht klaarliggen, zoals was afgesproken met de desbetreffende leerkracht. Deze opdracht konden ze uitvoeren wanneer ze klaar waren met hun toets en moesten

wachten totdat de andere leerlingen klaar waren. Deze opdracht maakte geen deel uit van het onderzoek, maar zorgde ervoor dat het rustig bleef in het lokaal wanneer een deel van de leerlingen de rekentoets had voltooid. Het experiment werd beloond met een kleine attentie, in de vorm van een bon voor buitenspeelmateriaal of boeken voor de leerlingen van groep 7.

3.6 Data-analyse

Na afloop van de toets werden de data uit de toetsomgeving van Cito opgevraagd en getransporteerd naar het programma SPSS (versie 24), zodat de data geanalyseerd kon worden aan de hand van de opgestelde hypothesen. Voorafgaand aan het toetsen van de hypothesen is een analyse uitgevoerd om vast te stellen of de toets zeer eenvoudige of moeilijke toetsitems bevatte. Uit analyse bleek dat de leerlingen één toetsitem vonden. Dat toetsitem is nader bekeken en de sleutel hiervan klopte. Vervolgens is een vooranalyse uitgevoerd met een onafhankelijke *t*-toets, om de toetsresultaten per toetsversie te analyseren. Deze analyse is uitgevoerd om te bepalen of de twee toetsversies even moeilijk waren. Bij deze vooranalyse is ook een onafhankelijke *t*-toets uitgevoerd, om te bepalen of de toetsresultaten en cognitieve belasting van jongens en meisjes verschilden.

Na deze vooranalyses is er een analyse uitgevoerd aan de hand van de twee opgestelde hypothesen. De toetsitems, al dan niet aangepast volgens het modaliteitsprincipe, waren in dit onderzoek de onafhankelijke *within-subject* variabele. De cognitieve belasting en het toetsresultaat waren de afhankelijke variabelen. Om het verschil in cognitieve belasting tijdens het maken van de aangepaste en onaangepaste rekentoetsitems te bepalen is een gepaarde *t*-toets in SPSS uitgevoerd. Vervolgens is de tweede hypothese geanalyseerd. Ook deze hypothese is getest met een gepaarde *t*-toets, waarbij de afhankelijke variabele het toetsresultaat was en de onafhankelijke variabele het modaliteitsprincipe. Post-hoc zijn per leerdoel gepaarde *t*-toetsen uitgevoerd. Elk leerdoel had een aangepast en een onaangepast toetsitem. Bij al deze analyses is gebruikgemaakt van een alpha level van .05 en een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

4. Resultaten

In dit onderzoek stond de volgende vraag centraal: “Wat is het effect van het toepassen van het modaliteitsprincipe op de cognitieve belasting en de toetsresultaten bij een digitale rekentoets in het basisonderwijs?” Tabel 3 toont de beschrijvende statistiek voor alle uitkomstmaten. Daarin zijn het gemiddelde (*M*) en de standaard deviatie (*SD*) samengevat.

Tabel 3

Gemiddelden (M) en Standaard Deviaties (SD) van Getoetste Variabelen

	<i>n</i>	Origineel			Aangepast	
		<i>M</i>	<i>SD</i>		<i>M</i>	<i>SD</i>
Cognitieve belasting	48	3.17	1.08		3.10	1.00
Toetsresultaat	48	.77	.15		.72	.17

4.1 Vooranalyse

De vooranalyse was gericht op de vraag of de moeilijkheidsgraad van de toetsversies verschilde.

Toetsversie 1 ($M = 19.67$, $SD = 3.66$) is beter gemaakt dan toetsversie 2 ($M = 19.00$, $SD = 3.81$). Dit verschil is echter niet significant $t(46) = -.62$, $p = .54$. Wel bleek uit de vooranalyse dat de meisjes een hogere cognitieve belasting ($M = 3.37$, $SD = 1.06$) ervaarden dan de jongens ($M = 2.78$, $SD = .82$). Dit is een significant verschil $t(46) = -2.06$, $p = .05$. Vervolgens is onderzocht of er een verschil was tussen de toetsresultaten van de jongens en de meisjes. De meisjes ($M = 19.41$, $SD = 3.44$) scoorden beter dan de jongens ($M = 19.21$, $SD = 4.18$). Dit verschil was echter niet significant $t(46) = -.18$, $p = .86$. Daarom is besloten om de data van de twee toetsversies van de meisjes en de jongens samen te voegen en de analyses over de gehele dataset uit te voeren.

4.2 Cognitieve belasting

De eerste hypothese over de cognitieve belasting was: “Er is een verschil tussen de cognitieve belasting bij toetsitems waarbij de vraag wordt voorgelezen aan de leerling en toetsitems waarbij de leerling de vraag zelf moet lezen. De toetsitems waarbij de leerlingen de vragen voorgelezen krijgen, zorgen voor een lagere cognitieve belasting dan de toetsitems waarbij de leerlingen de vragen zelf moeten lezen.” Om deze hypothese te testen, is een gepaarde t -toets uitgevoerd. Er is geen significant verschil gevonden in cognitieve belasting bij de aangepaste en de onaangepaste toetsitems. Het verschil in cognitieve belasting voor de aangepaste items ($M = 3.10$, $SD = 1.00$) en de onaangepaste items ($M = 3.17$, $SD = 1.08$) is niet significant $t(47) = -.91$, $p = .37$. Hierbij werd de eerste hypothese over de cognitieve belasting verworpen.

4.3 Toetsresultaten

De tweede hypothese over de toetsresultaten was: “Er is een verschil in toetsresultaten tussen toetsitems waarbij de vraag wordt voorgelezen aan de leerling en toetsitems waarbij de leerling de vraag zelf moet lezen. De toetsitems waarbij de leerlingen de vragen voorgelezen krijgen, leiden tot betere toetsresultaten dan de toetsitems waarbij de leerlingen de vragen zelf moeten lezen.”

De tweede hypothese is ook uitgevoerd met een gepaarde t -toets, met als afhankelijke variabele de toetsresultaten. De hypothese is getoetst met een gepaarde t -toets met de afhankelijke variabele

toetsresultaten en de *within-subject* factor auditieve of gedrukte tekst. De onaangepaste items ($M = .77$, $SD = .15$) waren beter gemaakt dan de aangepaste items ($M = .72$, $SD = .17$), maar dit verschil was niet significant $t(47) = -1.94$, $p = .06$. Er is wel een duidelijke trend gevonden maar in de tegenovergestelde richting dan verwacht werd in de hypothese. Hiermee werd de tweede hypothese over de toetsresultaten verworpen.

4.4 Posthoc-analyses

Er is geen significant verschil gevonden tussen de aangepaste en de onaangepaste toetsitems. Omdat de toetsitems qua doelstelling en vraagstelling echter sterk van elkaar verschilden zijn posthoc-analyses uitgevoerd, om te kunnen analyseren of er per leerdoel wel een effect meetbaar was. De lijst met onderzochte leerdoelen is te vinden in Bijlage 1. De aangepaste toetsitems zijn vergeleken met de onaangepaste toetsitems van hetzelfde leerdoel. Het is opvallend dat bij geen enkel leerdoel een significant verschil gevonden is, maar binnen het leerdoel ‘optellen met decimale getallen’ waren de onaangepaste items ($M = .88$, $SD = .33$) beter gemaakt dan de aangepaste items ($M = .40$, $SD = .49$). Dit is een significant verschil $p < .001$. Dit betekent dat de leerlingen de onaangepaste items van het leerdoel ‘optellen met decimale getallen’ beter hebben uitgevoerd dan de aangepaste items. Bij de analyse van de verschillen in cognitieve belasting binnen de verschillende leerdoelen zijn geen significante verschillen gevonden.

5. Conclusie en discussie

Centraal in dit onderzoek stond de vraag: “Wat is het effect van het toepassen van het modaliteitsprincipe op de cognitieve belasting en de toetsresultaten bij een digitale rekentoets in het basisonderwijs?” De CLT en CTML veronderstellen dat, wanneer het modaliteitsprincipe bij toetsen wordt toegepast, dit een positief effect heeft op de cognitieve belasting van leerlingen en de toetsresultaten.

5.1 Conclusie

Hypothese 1 was dat een verschil zou bestaan in cognitieve belasting tussen leerlingen die een vraag bij een relevante afbeelding zelf moesten lezen of de vraag kregen voorgelezen. Daarbij werd gesteld dat de opgaven waarbij de leerlingen de vraag zelf moesten lezen, zouden leiden tot een hogere (zelf gerapporteerde) cognitieve belasting dan de opgaven waarbij de vraag werd voorgelezen. Hypothese 2 was dat een verschil zou bestaan in toetsresultaten tussen leerlingen die een vraag bij een relevante afbeelding zelf moesten lezen en leerlingen die een vraag bij een relevante afbeelding kregen voorgelezen. Daarbij werd gesteld dat de opgaven waarbij de leerlingen de vraag kregen voorgelezen, zou leiden tot hogere toetsresultaten dan de opgaven waarbij de vraag zelf moest worden gelezen. De resultaten laten zien dat het aanpassen van de rekentoetsitems volgens het modaliteitsprincipe niet tot

een lagere zelfervaren cognitieve belasting of betere toetsresultaten leidt. Er was zelfs een lichte negatieve trend te zien ($p = .06$ en $d = .28$). Hoewel het laten voorlezen van tekst bij leermateriaal en bij toetsvragen voor leerlingen met een leesprobleem zinvol lijkt, lijkt dit niet het geval te zijn bij toetsvragen voor reguliere basisschool leerlingen. Hieronder worden enkele verklaringen voor deze bevindingen gepresenteerd en wordt gereflecteerd op het uitgevoerde onderzoek.

5.2 Discussie

De resultaten van dit onderzoek zijn in strijd met de uitkomst van eerdere onderzoeken, waarin een positief effect werd aangetoond wanneer het lesmateriaal via zowel het auditieve als het visuele kanaal gepresenteerd werd (Herrlinger et al., 2016; Harskamp et al., 2007; De Kock, 2016; Mayer et al., 2003; Moreno et al., 2001). Hoewel er vanuit de CLT en CTML bewijs is voor het modaliteitseffect op leermateriaal (Clark & Mayer, 2008; Mayer, 2014), lijkt het modaliteitseffect bij toetsen niet zomaar toepasbaar te zijn, of tot hetzelfde positieve effect te leiden. Hier zijn een aantal verklaringen voor te geven.

Ten eerste verschillen de doelen van een toets en leermateriaal sterk. Het doel van een toets is het ophalen van kennis die is opgeslagen in het langetermijngeheugen (Kirschner et al., 2016). Het is daarbij cruciaal dat de leerling de vraag volledig begrijpt en daarnaast de benodigde kennis uit het geheugen kan ophalen. Bij toetsen is dus altijd een zekere sterke mate van voorkennis aanwezig. Mayer (2014) bevestigt nadrukkelijk dat voorkennis het effect van de toepassing van de principes op het leren beïnvloedt. Vooral leerlingen met weinig voorkennis zouden baat kunnen hebben bij het toepassen van de principes bij het ontwerpen van leermateriaal. Anderson (1981) en Kalyuga et al. (2003) bevestigen dat leerlingen met meer voorkennis minder profiteren van het aanpassen van materiaal aan het modaliteitsprincipe. Kalyuga et al. (2003) geeft zelfs aan dat informatie auditief aanbieden voor leerlingen met veel voorkennis kan remmen en kan resulteren in een negatief modaliteitseffect. Dit effect lijkt ook op te treden in het huidige onderzoek.

Ten tweede geeft Beddow (2018) aan dat het essentieel is dat leerlingen vertrouwd zijn met de manier van testen. Wanneer leerlingen er niet aan gewend zijn dat de vraag wordt voorgelezen in plaats van dat ze deze zelf kunnen lezen, kan dat de resultaten dus negatief beïnvloeden.

Een derde mogelijke verklaring voor het niet vinden van het modaliteitseffect kan zijn dat het lastiger is voor leerlingen om de belangrijkste informatie uit de vraag te onthouden, als ze tegelijkertijd de benodigde kennis uit hun geheugen moeten ophalen en bewerken om de som op te lossen. Hoewel leerlingen de toetsvragen onbeperkt konden terugluisteren bij de rekentoets is het mogelijk dat de leerlingen het teruglezen van een toetsvraag als eenvoudiger ervaren. Deze verklaring wordt ondersteund door Mayer (2014), die aangeeft dat ingewikkeld materiaal beter wordt verwerkt wanneer het wordt gelezen dan wanneer ernaar wordt geluisterd. Gezien de cognitieve

complexiteit van het maken van toetsvragen, weegt het herhaaldelijk kunnen terugluisteren van de auditieve vraag wellicht niet op tegen het herhaaldelijk kunnen teruglezen van een gedrukte vraag (Leahy & Sweller, 2011).

5.3 Beperkingen en aanbevelingen

Een beperking van dit onderzoek was dat 13 verschillende leerdoelen werden voorgelegd aan de leerlingen. Elk leerdoel bevatte twee vragen, waarvan één onaangepaste en één aangepaste. Dit resulteerde in 26 verschillende toetsitems. In dit onderzoek hadden meer vragen aan de leerlingen voorgelegd moeten worden. De hoeveelheid van het aantal verschillende leerdoelen was groot ten opzichte van het beperkte aantal toetsitems. De vraag is dus of elk leerdoel voldoende is getoetst of dat de veelheid aan leerdoelen ervoor gezorgd heeft dat de rekentoets te breed was georiënteerd, voor het kleine aantal (26) toetsitems. Voor toekomstig onderzoek is aan te bevelen om de toets minder verschillende leerdoelen te laten dekken.

Gezien bovenstaande beperkingen is de volgende aanbeveling om vooraf aan het onderzoek leerlingen te laten oefenen met gesproken toetsvragen. Leerlingen in het huidige onderzoek waren niet bekend met het maken van rekentoetsen waarbij de vraag wordt voorgelezen en ze deze niet zelf kunnen lezen. Als ze hier eerst mee oefenen, raken ze hieraan gewend en kan dit geen belemmering meer vormen.

Een aanbeveling is om leerlingen in groep 6 een toets te laten maken die bij groep 6 hoort, of leerlingen in groep 7 een rekentoets te laten maken die bij groep 7 hoort. Daarnaast wordt aanbevolen om te onderzoeken welke leerlingen in groep 7 daadwerkelijk de stof krijgen en verwerken die bedoeld is voor groep 7. Wanneer scholen werken met een ontwikkelperspectief, is het mogelijk dat in een groep 7 leerlingen zitten die rekenen op het niveau van jaargroep 6 of lager, of wellicht in dat van jaargroep 8. In dit onderzoek is geen rekening gehouden met de individuele verschillen in voorkennis.

De laatste aanbeveling is om meer onderzoek te doen met een grotere steekproef en verschillende scholen. In dit onderzoek is namelijk een steekproef van 48 leerlingen van één school genomen. Daarbij is dit onderzoek afgenomen in twee groepen 7 van dezelfde school. Voor de praktijk levert dit onderzoek de aanbeveling op om voorzichtig om te gaan met het toepassen van het modaliteitsprincipe bij toetsen.

6. Referenties

- Anderson, J.R. (1981). Effects of prior knowledge on memory for new information. *Memory & Cognition*, 9(3), 237-246. doi:103758/bf03196958.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556–559. doi:10.1126/science.1736359.
- Beddow, P. A. (2018). Cognitive Load Theory for test design. In S.N. Elliot, R.J Kettler, P.A. Beddow, & A. Kurz, *Handbook of accessible instruction and testing practices: issues, innovations, and applications* (2nd ed.;pp 199-211). Cham: Springer International Publishing.
- Cavalli, E., Duncan, L. G., Elbro, C., El Ahmadi, A., & Colé, P. (2017). Phonemic-Morphemic dissociation in university students with dyslexia: an index of reading compensation? *Ann Dyslexia*, 67(1), 63-84. doi:10.1007/s11881-016-0138-y.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2008). *E-Learning and the science of instruction*. San Francisco: Pfeiffer.
- Creswell, J. W. (2014). *Educational research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Essex: Pearson.
- Cito (2019). *Groeiometer*. Geraadpleegd van <http://afname.citolab.nl>
- De Boer, N. (2008). *De computer bij de centrale examens 2009-2013; Duidelijk digitaal*. Utrecht: CEVO.
- De Kock, W. D. (2016). Speech versus text supported hints in learning to solve word problems. *Computers in Human Behavior*, 57, 300-311. doi:10.1016/j.chb.2015.11.037.
- Gordon, C., Tindall-Ford, S., Agostinho, S., & Paas, F. (2016). Learning from Instructor-managed and self-managed split-attention materials. *Applied Cognitive Psychology*, 30(1), 1-9. doi:10.1002/acp.3159.
- Harskamp, E. G., Mayer, R. E., & Suhre, C. (2007). Does the modality principle for multimedia learning apply to science classrooms? *Learning and Instruction*, 17(5), 465-477. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.09.010.
- Herrlinger, S., Höffler, T. N., Opfermann, M., & Leutner, D. (2016). When do pictures help learning from expository text? Multimedia and modality effects in primary schools. *Research in Science Education*, 47(3), 685-704. doi:10.1007/s11165-016-9525-y.
- Jarodzka, H., Janssen, N., Kirschner, P. A., & Erkens, G. (2015). Avoiding split attention in computer-based testing: Is neglecting additional information facilitative? *British Journal of Educational Technology*, 46, 803-817. doi:10.1111/bjet.12174.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23–31. doi:10.1207/S15326985EP3801_4

- Kirschner, P. A. (2002). Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 1-10. doi:10.1016/S0959-4752(01)00014-7.
- Kirschner, P. A., Park, B., Malone, S., & Jarodzka, H. (2016). Toward a cognitive theory of multimedia assessment (CTMMA). In M. J. Spector, B. B. Lockee, & M. D. Childress (Eds.), *Learning, design, and technology: An international compendium of theory, research, practice, and policy* (pp. 1-23). Cham: Springer International Publishing.
- Laitusis, C. C. (2010). Examining the impact of audio presentation on tests of reading comprehension. *Applied Measurement in Education*, 23(2), 153-167. doi:10.1080/08957341003673815.
- Leahy, W., & Sweller, J. (2011). Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25(6), 943-951. doi.org/10.1002/acp.1787.
- Lindner, M. A., Eitel, A., Strobel, B., & Köller, O. (2017a). Identifying processes underlying the multimedia effect in testing: An eye-movement analysis. *Learning and Instruction*, 47, 91-102. doi:10.1016/j.learninstruc.2016.10.007.
- Lindner, M. A., Lüdtke, O., Grund, S., & Köller, O. (2017b). The merits of representational pictures in educational assessment: Evidence for cognitive and motivational effects in a time-on-task analysis. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 482-492. doi:10.1016/j.cedpsych.2017.09.009.
- Manastirean-Zijlstra, C.S. (2017). *Minder zoeken, beter toetsen. Een eye tracking onderzoek naar de toepassing van de instructieprincipes uit de cognitive theory of multimida learning bij het ontwerpen van computergebaseerde toetsing [master scriptie]*. Heerlen, Open Universiteit.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., Dow, G. T., & Mayer, S. (2003). Multimedia Learning in an Interactive Self-Explaining Environment: What Works in the Design of Agent-Based Microworlds? *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 806-812. doi:10.1037/0022-0663.95.4.806.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52. doi.org/10.1207/s15326985ep3801_6.
- Miller, G.(1956).The magical numbers even, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81–97. doi.org/10.1037/h0043158.
- Moreno, R., Mayer, R. E., Spires, H. A., & Lester, J. C. (2001). The Case for Social Agency in Computer-Based Teaching: Do Students Learn More Deeply When They Interact With Animated Pedagogical Agents? *Cognition and Instruction*, 19(2), 177-213. doi:10.1207/s1532690xc1902_02
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434.

- doi:10.1037/0022-0663.84.4.429.
- Paas, F. G. W. C., Van Merriënboer, J. J. G. & Adam, J.J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual & Motor Skills*, 79(1), 419. doi:10.2466/pms.1994.79.1.419.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38(1), 63–71. doi.org/10.1207/s15326985ep3801_8.
- Sanders, P., Roelofs, E., Visser, J., Wools, S., Meijer, E., Noijons, J., Erkens, T., Kuhlemeier, H., Verstralen, H., Hemker, B. (2017). *Toetsen op school*. Arnhem: Cito.
- Sweller, J. (2018). Measuring cognitive load. *Perspectives on Medical Education*, 7(1), 1-2. doi:10.1007/s40037-017-0395-4.
- Sweller, J., Merriënboer, J. J. G. v., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. doi:10.1023/a:1022193728205.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261-292. doi:10.1007/s10648019-09465-5.
- Valcke, M. (2010). *Onderwijskunde als ontwerpwetenschap: een inleiding voor ontwikkelaars van instructie en voor toekomstige leerkrachten*. Gent: Academia Press.
- Van Gog, T., Kirschner, F., Kester, L., & Paas, F. (2012). Timing and frequency of mental effort measurement: Evidence in favour of repeated measures. *Applied Cognitive Psychology*, 26(6), 833-839. doi:10.1002/acp.2883.
- Wang, J., Dawson, K., Saunders, K., Ritzhaupt, A. D., Antonenko, P. P., Lombardino, L., Keil, A., Agaceli-Dogan, N., Luo, W., Cheng, L. & Davis, R. O. (2018). Investigating the effects of modality and multimedia on the learning performance of college students with dyslexia. *Journal of Special Education Technology*, 33(3), 182-193. doi:10.1177/0162643418754530.

Bijlagen

Bijlage I. Verdeling van toetsitems per leerdoel

Tabel

Verdeling van de Onaangepaste en Aangepaste Toetsitems met de Leerdoelen over de Twee Toetsversies

Naam toetsitem	Leerdoel	Toetsversie 1	Toetsversie 2
Lego bouwwerk	Metten en meetkunde: ruimtelijk inzicht	A ₁ ; O ₁₃	O ₁ ; A ₁₃
Kassabon	Optellen met decimale getallen	O ₂ ; A ₂₂	A ₂ ; O ₂₂
Metten met breuken	Getalbegrip breuken: afmeting object	A ₃ ; O ₁₅	O ₃ ; A ₁₅
Samengestelde breuk	Getalbegrip breuken: samengestelde breuk bij afbeelding	O ₄ ; A ₁₆	A ₄ ; O ₁₆
Staafdiagram tellen	Verbanden: legenda en staafdiagram verbinden	A ₅ ; O ₁₇	O ₅ ; A ₁₇
Dobbelsteen bouwplaat	Metten en meetkunde: wat staat er op de tegenovergestelde zijde?	O ₆ ; A ₁₈	A ₆ ; O ₁₈
Plattegrond	Metten en meetkunde: welke plattegrond hoort bij het bouwwerk?	A ₇ ; O ₁₉	O ₇ ; A ₁₉
Recept	Verhoudingen: welke hoeveelheid heb je nodig voor aangepast recept?	O ₈ ; A ₂₀	A ₈ ; O ₂₀
Reeksen	Metten en meetkunde: maak het patroon af met geometrische vormen	A ₉ ; O ₂₁	O ₉ ; A ₂₁
Prijsbepalen	Decimale getallen: handig rekenen	O ₁₀ ; A ₂₅	A ₁₀ ; O ₂₅
Metten bouwwerk	Opereren met vormen en figuren	A ₁₁ ; O ₂₃	O ₁₁ ; A ₂₃
Staafdiagram	Verbanden: interpreteren van hoeveelheden	O ₁₂ ; A ₂₄	A ₁₂ ; O ₂₄
Optellen	Optellen van hele getallen	A ₁₄ ; O ₂₆	O ₁₄ ; A ₂₆
O = origineel toetsitem A = aangepaste toetsitem			